

# ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ВЫСОКОАЗОТИСТОЙ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ 07X16AГ13M3 ПРИ ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

*Расковалова Ю.А*

*Руководитель - профессор, д.т.н. Березовская В.В.*

ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»,  
г. Екатеринбург

[raskovalovaja@gmail.com](mailto:raskovalovaja@gmail.com)

Проведен анализ структуры промышленной высокоазотистой (0,8% N) аустенитной Cr-Mn-Mo-стали, сформированной в процессе комбинированной упрочняющей обработки, включающей холодную пластическую деформацию. Показано, что ХПД стали протекает путем скольжения дислокаций и двойникового. Методом РСФА оценен вклад параметров дефектности структуры стали в уширение линий аустенита при ХПД. Установлено, что основным упрочняющим фактором являются микроискажения кристаллической решетки.

Холодная пластическая деформация (ХПД) – эффективный способ упрочнения аустенитных метастабильных сталей. Однако максимально возможный уровень прочностных характеристик часто достигается вследствие уменьшения пластичности [1]. Разработка аустенитных сталей со сверхравновесным содержанием азота является одним из перспективных направлений в создании новых материалов с высоким комплексом физико-механических и химических свойств. С увеличением концентрации азота в таких сталях наблюдается значительное одновременное повышение показателей прочности и пластичности  $\sigma_{0.2}$ , МПа и  $\delta$ , %. Это достигается за счет получения мелкозернистой структуры после закалки или при холодной пластической деформации аустенитных нержавеющей сталей с высоким содержанием азота в твердом растворе [2].

В данной работе исследовали промышленную аустенитную коррозионностойкую сталь 07X16AГ13M3 (химический состав, масс. %: С 0,07; Si 0,71; Mn 12,76; Cr 16,16; Ni 0,11; Mo 3,24; N 0,82; V 0,05; P 0,015; S 0,007; Fe – остальное), выплавленную методом электрошлакового переплава под высоким давлением азота. В качестве исходной обработки использовали горячую пластическую деформацию прокаткой при 1200–1220 °С с последующим отжигом в течение 1 ч при 1150 °С и закалкой в воде. Далее проводили ХПД путем прокатки в калибры разного сечения, в результате чего степень истинной деформации составила  $\epsilon=0,2$ ; 0,4 и 0,8.

Методом просвечивающей электронной микроскопии показано, что сдвиг в кристаллической решетке аустенита исследованной стали при ХПД протекает как путем скольжения, так и двойникового. Однако основной

вклад в повышение пластичности стали вносит процесс двойникования, развивающийся по нескольким системам сдвига [3].

Показано также, что аустенит исследованной стали обладает высокой стабильностью к мартенситным превращениям при ХПД прокаткой со степенями  $\epsilon=0,2$  и  $0,4$ , в то время как при больших степенях деформации ( $\epsilon=0,8$ ) образуются единичные кристаллы  $\alpha'$ -мартенсита (рис.1).

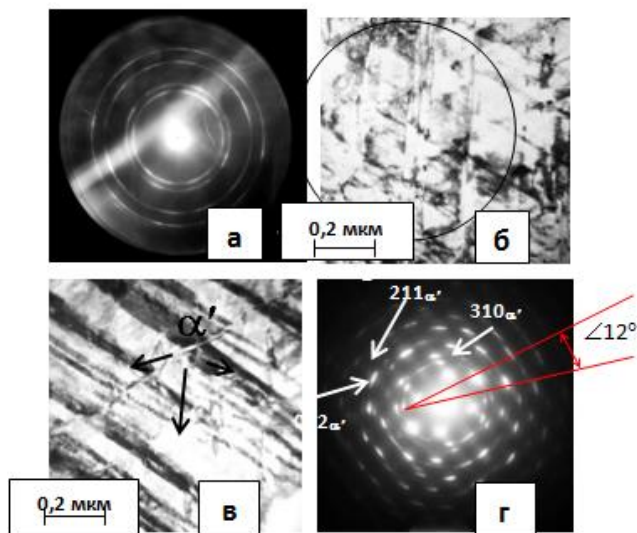


Рис.1 Тонкая структура аустенита после ХПД со степенью истинной деформации  $\epsilon=0,8$ : а – кольцевая электронограмма; б – деформационные двойники; в – образование  $\alpha'$ -мартенсита деформации; г – микродифракция выделенного участка структуры с рефlekсами мартенсита.

Получена хорошая корреляция твердости и микроискажений кристаллической решетки аустенита стали 07X16AG13M3, монотонно возрастающих при повышении степени ХПД. При этом размер блоков когерентного рассеяния рентгеновских лучей имеет максимум при деформации со степенью  $\epsilon=0,4$ , что соответствует стадии динамического возврата.

Методом рентгеноструктурного анализа оценен вклад параметров дефектности структуры стали в физическое уширение линий аустенита: при степени деформации  $\epsilon=0,2$  – уширение в основном обусловлено размером блоков, при  $\epsilon=0,4$  – микроискажениями, а при  $\epsilon=0,8$  – обоими факторами.

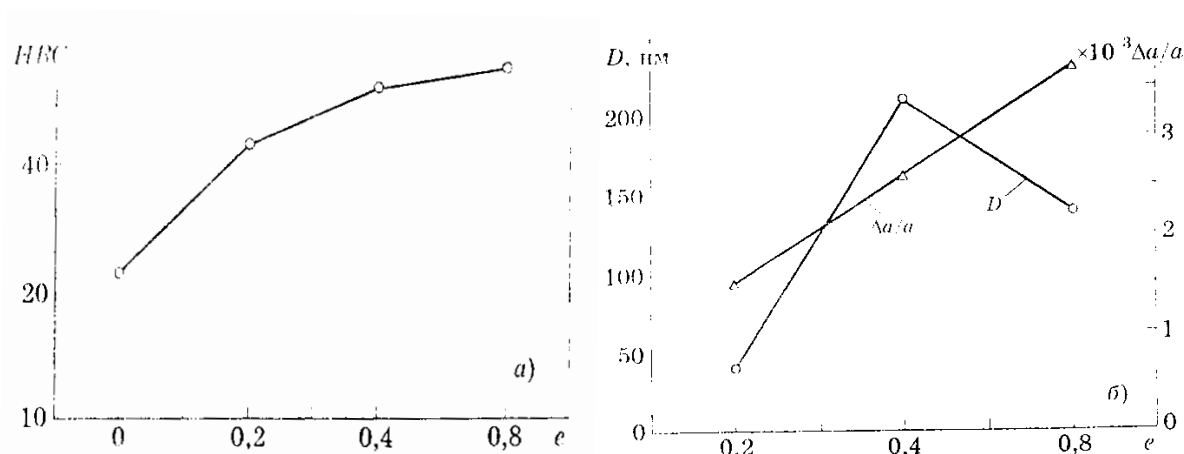


Рис. 2 Зависимость твердости (а), физического уширения  $\Delta a/a$  линий аустенита и размеров  $D$  блоков (б) от степени истинной деформации ХПД

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Шпайдель М.О. Новые азотсодержащие аустенитные нержавеющие стали с высокими прочностью и пластичностью. – МиТОМ, 2005, № 11, с. 9 – 14.
2. Uggowitzer P. J., Bahre W. F., Wohefromm H, Speidel M. // Nickel- free high nitrogen austenitic stainless steels produced by injection moulding // HNS 2008 Conf., Hanninen H., Hertzman S., Romy J., (eds.), 663-671
3. Березовская В.В., Хадыев М.С., Меркушкин Е.А., Соколовская Ю.А. Влияние деформации на структуру, механические и коррозионные свойства высокоазотистой аустенитной стали 07X16AG13M3. – Металлы, 2013, № 6, с. 54.